

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:**

1. Кунамбаев К.А., Есентаева А.Е., Кадирова Ж., Шакеева А. Гигиена в фармацевтической отрасли и их очистка сточный вод предприятиях // Вестник КазНИУ, №2 (2)-2014.
2. Поташиников Ю.М. Утилизация отходов производства и потребления : уч. пособие.
3. Яковлев С.В., Карюхина Т.А., Рыбаков С.А. и др. Очистка сточных вод предприятий химико-фармацевтической промышленности // М.: Стройиздат, – 1985. – 252 с.
4. Карманов А.П., Полина И.Н., Технология очистки сточных вод. – 2015.
5. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
6. Джигерей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. — К.: «Знання», 2002. – 203 с.

УДК 628.3

*Штепа Виктория Дмитриевна, магистр*

*Третьяченко Дарья Константиновна, магистр*

*Авина Светлана Ивановна, кандидат технических наук, старший преподаватель*

*Кафедра химической технологии неорганических веществ, катализа и экологии  
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»  
Харьков, Украина*

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД ОТ СЕРОВОДОРОДА**

**Аннотация.** В статье рассмотрены преимущества и недостатки методов очистки природной воды от сероводорода и установлены оптимальные условия очистки. В качестве физического метода используется аэрация, вследствие которой образуется коллоидная сера, придающая воде мутность. Установлено, что биохимический метод очистки воды от сероводорода недостаточно изучен и необходимо проведение специальных исследований для определения оптимальных параметров очистки воды. Выявлено, что химические методы различны и имеют как свои недостатки, так и преимущества: некоторые из них требуют сравнительно больших затрат, но и на ряду с остальными методами более эффективны.

**Ключевые слова:** сероводород; природная вода; очистка; аэрация; гипохлорит натрия; пероксид водорода; озон; хлор; перманганат калия.

*Viktoriia D. Shtepa, Master Degree Student*

*Daria K. Tretiachenko, Master Degree Student*

*Svitlana I. Avina, PhD (Technical Sciences), senior lecturer*

*Department of chemical technology of inorganic substances, catalysis and ecology*

*National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

*Kharkiv, Ukraine*

## **MODERN METHODS OF WATER PURIFICATION FROM HYDROGEN SULFIDE**

**Abstract.** The article considers the advantages and disadvantages of natural water purification methods from hydrogen sulfide and establishes optimal conditions for purification. As a physical method, aeration is used, as a result of which colloidal sulfur is formed, which gives water turbidity. It is established that the biochemical method of water purification from hydrogen sulfide is insufficiently studied and it is necessary to conduct special studies to determine the optimal parameters of water purification. It is revealed that chemical methods are different and have both disadvantages and advantages: some of them require relatively high costs, but also along with other methods are more effective.

**Key words:** hydrogen sulfide; natural water; purification; aeration; sodium hypochlorite; hydrogen peroxide; ozone; chlorine; potassium permanganate.

Очень часто люди задаются вопросом, почему вода пахнет сероводородом. Этот газ имеет очень резкий и выраженный запах, который характеризуют как запах протухших яиц. Наличие сероводорода в воде препятствует её использованию в питьевых и промышленных целях [1, 2].

Причиной появления сероводорода в природных источниках воды может быть месторождение сульфидных руд, которые содержат сульфид железа. Также наличие в воде сероводорода является причиной размножения анаэробных бактерий в водных пластах грунта, которые преобразуют сульфаты в токсичный газ - сероводород. В соответствии со стандартами питьевой воды допустимое содержание сероводорода составляет 0,05 мг/л. Для того чтобы добиться соответствия воды нормам используют различные методы очистки воды от сероводорода.

На сегодняшний день существует три группы методов очистки природной воды от соединений сероводорода: физический, химический, биохимический.

Физический метод очистки основан на аэрации воды, другими словами насыщение ее молекулами кислорода. Помимо удаления сероводорода с помощью аэрации из воды удаляют также железо, марганец и аммоний. Недостатком аэрации является то, что вода очищается лишь от молекул сероводорода  $H_2S$ , а ионы газа  $HS$ , кислород удаляет только частично. Поэтому важным условием для очистки является понижение уровня pH питьевой воды до 5,0 методом её подкисления. При таких условиях сероводород переходит в молекулярную форму и газ из воды удаляется до 70%. При этом подача кислорода должна быть бесперебойной. Интенсивность процесса улучшается путем увеличения площади поверхности контакта воды и воздуха или уменьшением размера пузырей воздуха. Преимущественно в таких случаях применяют аэрационные установки идеального вытеснения – дегазаторы (градирни) или установки с длительной аэрацией, основанные на принципе перемешивания воды. Аэрационные методы не практичны из-за постоянного содержания запаха в помещении, в котором происходит процесс. Также дополнительно требуется насос, а сами установки громоздки и занимают много места [3, с. 148].

Химический метод очистки природных вод основан на использовании сильных окислителей типа гипохлорита натрия, озона, перекиси водорода или перманганата калия.

Наиболее часто применяют раствор гипохлорида натрия. После попадания в воду гипохлорит натрия удаляет не только сероводород, но и соединения железа и марганца. А также он способен разрушить органические соединения. К сожалению в бытовых целях этот метод не совсем практичен, так как требует больших затрат на реагент и дистиллированную воду.

В отечественной практике наиболее распространен метод очистки воды от сероводорода хлором. На 1 мг окисляемого сероводорода расходуется 2,1 мг хлора. В результате реакции образуется взвесь коллоидной серы в количестве, приблизительно равном количеству сероводорода или гидросульфидов. При дозе хлора 8,4 мг на 1 мг сероводорода основными продуктами реакции являются сульфаты. Для полного удаления сероводорода требуется 5 мг хлора на 1 мг сероводорода [2, 3]. Для очистки воды от серы, полученной в результате химической реакции, необходимы коагуляция и фильтрование. Для устранения неприятного запаха после аэрирования и хлорирования рекомендуется фильтрование через активный уголь.

Альтернативным способом можно считать использование перекиси водорода. Это более безопасный вариант, который в отличие от гипохлорита натрия не образует токсичных и устойчивых к биохимическому окислению соединений. Пероксид водорода хорошо растворим в различных реакционных средах, используется при широком интервале концентраций, pH и температур. В результате окисления сероводород образует в воде крупнодисперсный осадок в виде серы. Коллоидная сера одна из трудно фильтруемых зелей, именно поэтому перед полным её удалением из воды проводят осуждение, фильтрацию, флотацию [4].

В качестве альтернативной применяется очистка воды от сероводорода непрерывным добавлением перманганата калия в фильтры с обработанным марганцем глауконитовым песком (например – Manganese GreenSand), который используют для удаления растворенного железа, марганца и сероводорода, при этом песок регенерируется с помощью перманганата калия. Метод удаления из воды сероводорода, заключается в непрерывной подаче 1-4 %-ого раствора перманганата калия перед фильтром на поверхность обработанную марганцем глауконитового песка, покрытого фильтрующим материалом из антрацита толщиной в несколько сантиметров. Образующиеся нерастворимые продукты задерживаются фильтром. Если доза перманганата калия недостаточна, то обработанный марганцем глаукоитовый песок может удалить не окисленные водородные соединения; если слишком велика, то песок использует избыток перманганата калия для своей регенерации. В ходе реакции перманганат калия восстанавливается до нерастворимого гидроксида марганца, который действует и как коагулянт, и как адсорбент.

Сравнительно сильным окислителем для сероводородных соединений в воде является озон. При обработке воды озоном одновременно достигаются ее обесцвечивание, дезодорация и обеззараживание. Расход озона составляет 0,5 мг на 1 мг сероводорода [3]. Сероводородные соединения окисляются до элементарной серы, а при расходе 1,87 мг озона на 1 мг сероводорода процесс окисления сероводорода заканчивается образованием серной кислоты. Однако

этот способ имеет существенный недостаток – дорогостоящее оборудование, хотя и не требует затрат на реагенты, так как сам озон генерируют из воздуха.

Биохимический метод очистки природных вод основывается на использовании сульфобактерий, которые окисляют сероводород. Вначале производится аэрация, после этого вода поступает в реактор биохимического окисления, а далее направляется на фильтрацию. Этот метод очистки ввиду своей сложности и необходимом постоянном контроле за технологическим процессом очень редко применяется, в основном только для производств с большим потреблением воды [5,6].

Анализируя различные методы очистки природных вод от сероводорода можно отметить, что оптимальным и наиболее действенным является химический метод, а именно применение пероксида водорода. В сравнении с гипохлоридом натрия  $H_2O_2$  не токсичен, и не образует опасных продуктов разложения, а в сравнении с озоном не дорогостоящий. Удаление сероводорода с помощью химических окислителей обеспечивает более полную дегазацию. Именно поэтому на современных станциях водоподготовки используют химический метод очистки поверхностных вод от сероводорода.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:**

1. Кормош К.Ю., Мимей Т.Ю. Вимоги до якості води призначеної для виробництва безалкогольних напоїв. Збірник тез доповідей I Міжнародної (XI Української) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Вода в харчовій технології». – Одеса, 2018. – С. 23-24.
2. Авина, С.И. Пути повышения качества цианистого натрия / С.И. Авина // Збірник тез доповідей I Міжнародної (XI Української) наукової конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Хімічні проблеми сьогодення (ХПС-2018)». – Вінниця, 2018. – С. 232.
3. Золотова Е.Ф., Асс Г.Ю. Очистка воды от железа, марганца, фтора и сероводорода. – М., Стройиздат, 1975, 176 с.
4. Марьяш С.А, Двовозова Т.И. Очистка подземных вод содержащих сероводород пероксидом водорода [Електронний ресурс] / «Инженерный вестник Дона», 2017. – Режим доступа: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4444](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4444).
5. Загорский В.А. , Данилович Д.А. Методы обеззараживания сточных вод / Водоснабжение и санитарная техника, 1998. – № 2. – С 2–5.
6. Бреслов Б. Е., Бивалькевич А. И., Смирнов А. Д., Стрелков А. К. Эффективность и экономическая целесообразность промышленных методов обеззараживания сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – № 1. С. 34–41.

*Научный руководитель – Авина С. И.*